Aus der Königlichen Universitäts-Poliklinik für Hautkrankheiten
zu Königsberg i. Pr. (Direktor: Prof. Dr. Scholtz.)

Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf Zellen.

Inaugural-Dissertation

der hohen medizinischen Fakultät

der

Königl. Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr.

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

vorgelegt

von

Walter Casemir

aus Königsberg i. Pr.

Berlin und Wien
Verlag von Urban & Schwarzenberg
1909.

Gedruckt mit Genehmigung der
medizinischen Fakultät der Königl. Albertus-Universität
zu Königsberg i. Pr.

Referent: Professor Dr. Krückmann.

Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn.

Meinem Vater.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/diewirkungderron0000walt

Schon bald nachdem man den außerordentlichen Wert der Röntgenstrahlen für die medizinische Wissenschaft, sei es zu therapeutischen, sei es zu diagnostischen Zwecken, erkannt hatte und ihr Verwendungsgebiet auf den verschiedensten Zweigen der Heilkunde ein immer größeres wurde, begannen auch die genaueren Untersuchungen über das Wesen und das wirksame Agens der Strahlen, über die Technik des Verfahrens und über die richtige therapeutische Verwendbarkeit (Kienböck, Scholtz, Holzknecht).

Vor allem aber wurde die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die verschiedenen Organe, Organismen und Zellen zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht; denn die Frage, welches eigentlich der Angriffspunkt für die Röntgenstrahlen sei, erweckte das lebhafte Interesse der Untersucher. Ebenso wurde nach Einführung der Radiumstrahlen in die Medizin die Wirkung dieser gegenüber den verschiedensten Zellen untersucht.

Es soll nun zunächst meine Aufgabe sein, in folgendem eine Zusammenstellung der Resultate zu geben, welche die Autoren bei ihren Forschungen an den einzelnen Organen und Organismen gewannen.

In erster Reihe war naturgemäß die Haut Gegenstand zahlreicher Untersuchungen experimenteller und histologischer Art, weil man bei ihr die Röntgenstrahlen am häufigsten zur Anwendung brachte und die sinnfälligsten Wirkungen sah.

Lion und Gaßmann fanden die auffallendsten Veränderungen an den Gefäßen und schrieben die Erscheinungen an der Haut der auftretenden entzündlichen Reaktion zu.

Scholtz war wohl der erste, der eine direkte Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Zellen der Epidermis betonte. Er experimentierte hauptsächlich an der Haut von Schweinen und zog folgende Schlüsse aus seinen histologischen Befunden:

1. Die Röntgenstrahlen beeinflussen vornehmlich oder ausschließlich die zelligen Elemente der Haut. Diese werden primär getroffen und verfallen einer langsamen Degeneration, während Bindegewebe, elastisches Gewebe, Muskulatur und Knorpel durch die Röntgenstrahlen garnicht oder nur in geringem Grade alteriert werden, und nur sekundär infolge der Degeneration der Zellen und der entzündlichen Reaktionserscheinungen leiden.

2. In erster Linie macht sich die Degeneration an den Epithelzellen geltend, in geringerem Maße an den Zellen der drüsigen Organe, der Gefäße, der Muskulatur und des Bindegewebes.

3. Die Degenerationserscheinungen sind mannigfacher Art und erstrecken sich sowohl auf den Kern, wie auf den Zellleib.

4. Sobald die Degeneration der zelligen Elemente einen gewissen Grad erreicht hat, kommt es zu entzündlichen Reaktionserscheinungen, welche sich in stärkerer Gefäßerweiterung, seröser Durchtränkung des Gewebes, Randstellung der Leukozyten und reichlicher Auswanderung weißer Blutkörperchen kundgeben. Ist es infolge stärkerer Bestrahlungen zu hochgradigen Zelldegenerationen gekommen, so dringen die Leukozyten in Masse in die degenerierten Zellkomplexe ein und führen deren vollständige Zerstörung herbei.

5. Die Veränderungen der kleineren und größeren Gefäße sind für die weitere Entwicklung und die langsame Abheilung der Ulzerationen wahrscheinlich von großer Bedeutung.

Im Speziellen fand Scholtz als erste Veränderung, daß das Protoplasma der bestrahlten Epithelzellen stark diffus gefärbt war und Vakuolen aufwies. Die Kerne waren meist nur schwach tingiert und das Chromatin in Klumpen und Krümeln in ihm verteilt, die Kerne größtenteils geschwollen und gebläht, manchmal zackig und vakuolisiert. Vielfach fanden sich Zellen mit zwei selbst drei amitotisch geteilten Kernen. Mitosen waren gar keine oder wenigstens nur Ansätze dazu vorhanden.

Perthes, der die Veränderungen an bestrahlten Warzen und Karzinomen untersuchte, konnte die Befunde von Scholtz bestätigen und gelangte ferner zu dem Schlusse, daß die Röntgenstrahlen um so stärker auf Zellen einwirken, je schneller sich dieselben teilen. „Man findet an der Haut im Stadium der Reaktion auf eine kräftige Bestrahlung hin Degenerationserscheinungen an den epithelialen Zellen. Die ganze Epidermis erscheint ärmer an Zellen bezw. Kernen wie in der unveränderten Haut. Die Kerne erscheinen sehr groß und haben die Kernfärbung nur ganz unvollkommen angenommen. Die Grenze zwischen den einzelnen Zellen der Stachelzellenschicht sind ganz undeutlich, die Riffelung fehlt meistens. Das Protoplasma weist zahlreiche Vakuolen auf, es sieht so aus, als sei das Protoplasma verschiedener Zellen zusammengeflossen.“ Er fand außerdem, daß man durch geeignete Abblendung der Röhren imstande ist, subkutan gelegene Karzinomknoten zur Einschmelzung zu bringen. Diese Tatsache spricht außerordentlich gegen die Behauptung von Baermann und Linser, daß die Blutgefäße die primär geschädigten Bestandteile sind, worauf ich noch zu sprechen komme; denn es ist nicht recht einzusehen, weshalb die Röntgenstrahlen in diesem Falle die Blutgefäße der darüberliegenden Haut weniger beeinflussen sollten, als das darunter liegende Karzinomgewebe, das der Hauptsache nach rein aus Epithelzellen besteht. Baermann und Linser suchen dies so zu erklären, daß sich zu der an sich geringen Gefäßversorgung der Karzinomknoten, wodurch oft ein spontaner Zerfall der Knoten bedingt werde, die elektive Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Gefäße addiere; es sei also wenigstens die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß auch das Schwinden der Karzinomzellen durch sekundäre Ernährungsstörung und nicht durch primäre Epithelbeeinflussung zustande komme; vielleicht aber bestehe überhaupt ein Unterschied zwischen normalen und Krebsepithelzellen.

Endlich fand Perthes, daß die Röntgenstrahlen auf Karzinomzellen viel intensiver wirken als auf normale Zellen der Epidermis dicht daneben, und er schloß daraus, daß sich die Karzinomzellen von den normalen Epithelzellen hauptsächlich durch die vermehrte Wachstumsenergie, durch die beschleunigte Zellteilung unterscheide, daß es gerade die Funktion der Zellteilung sein könnte, die durch die Bestrahlung

beeinträchtigt wird. Er machte nun Versuche an granulierenden Wunden und sah, daß bestrahlte Hautdefekte sich langsamer überhäuteten als unbestrahlte. Es war also tatsächlich eine Wachstumshemmung bei den sich regenerierenden Epithelien vorhanden.

Exner, der metastatische Karzinomknoten in der Haut mit Radiumstrahlen behandelte, kam bezüglich der Beeinflussung der Krebszellen durch die Strahlen zu dem gleichen Ergebnis wie der vorige Autor; daneben sah er eine auffallende Neubildung von Bindegewebe und Kapillaren in dem Karzinomgewebe, die früher auftrat als die Degeneration der Krebszellen und die er für das hervortretendste Merkmal der Radiumstrahlen hielt. Hiernach würde dann im Gegensatz zu Baermann und Linser die Bestrahlung nicht nur nicht primär schädigend auf die Blutgefäße einwirken, sondern sogar die Proliferationsfähigkeit derselben befördern.

Auch Grouven fiel bei mikroskopischer Untersuchung bestrahlten lupösen Gewebes eine außerordentlich lebhafte Bindegewebsneubildung mit reichlichen Spindelzellen auf, während sowohl die epitheloiden als auch die Riesenzellen und Lymphozyten dieselben hochgradigen Degenerationen aufwiesen, die schon Scholtz beobachtet hatte. Höchstwahrscheinlich ist diese Bindegewebswucherung als Folge des Zugrundegehens einmal der Karzinomzellen, im anderen Falle der lupösen Elemente anzusehen; jedenfalls sprechen diese Beobachtungen sehr gegen die Annahme von Baermann und Linser.

Während Scholtz, Perthes u. a. annahmen, daß die degenerative Wirkung der Röntgenstrahlen sich primär an den Epithelzellen geltend machen und erst später auch die übrigen Bestandteile der Haut davon betroffen würden, suchten Baermann und Linser nachzuweisen, daß in erster Reihe die Blutgefäße geschädigt würden und es erst sekundär infolge von Ernährungsstörungen zu den Degenerationserscheinungen des Epithels komme, die sich vornehmlich in Ulzerationen äußerten. Sie schlossen dies daraus, daß bestrahlte Thiersch'sche Lappen, die auf granulierende Wunden übertragen wurden, ohne jede Störung glatt anheilten, während ein anderer Versuch zeigte, daß bei bestrahlten granulierenden Hautstellen die Transplantationen zunächt zwar glatt anheilten, dann aber nach vier Tagen abgestoßen wurden. Bei einem

dritten Versuche wurde die eine Hälfte einer granulierenden Wunde in der Art bestrahlt, daß der in Proliferation befindliche Epithelsaum betroffen wurde, an der anderen Hälfte wurde der Epithelsaum abgedeckt und nur das granulierende Zentrum Bestrahlungen ausgesetzt. Es ergab sich, daß die Überhäutung des Defekts an beiden Teilen gleich rasch eintrat. Zwei Tage nach der Überhäutung des Defekts trat auf der Seite, wo das granulierende Zentrum bestrahlt war, eine Abstoßung des Epithels ein. Die andere Hälfte zeigte nicht die geringste Veränderung.

Nach Scholtz läßt sich der Ausfall dieser Versuche auch mit der Annahme erklären, daß die Röntgenstrahlen in diesem Falle die in lebhafter Proliferation befindlichen Zellen des Granulationsgewebes noch stärker beeinflußt haben als die Epithelzellen. Scholtz ließ die Versuche von Baermann und Linser übrigens später an Ulcera cruris nachprüfen (nicht publiziert), doch konnten die Resultate von Baermann und Linser nicht völlig bestätigt werden.

Linser bestrahlte ferner einen an multiplem Lupus leidenden Mann und fand bei der histologischen Untersuchung exzidierter Hautstückchen weder am Epithel noch an den Haaren und Hautdrüsen, noch auch an den bindegewebigen Elementen irgend welche Degenerationen, nur an den Blutgefäßen, und zwar nur an einigen wenigen in jedem Schnitt ließen sich folgende Veränderungen nachweisen: „Vier Tage nach der Bestrahlung sieht man in einzelnen Gefäßen Thrombosen, das ganze Lumen ist erfüllt mit Leukozyten, das Endothel fehlt teilweise; an anderen Stellen ist es aufgequollen und springt bläschenförmig ins Lumen vor. Die Media ist aufgelockert, zerklüftet und enthält durchwandernde Leukozyten in auffallender Menge. Die Gefäßscheiden zeigen die bekannten Bilder der kleinzelligen Infiltration.“ An Stücken, die etwa 16 Tage nach erfolgter Bestrahlung exzidiert wurden, fand er erhebliche Verdickungen an der Intima.

Diese Befunde beruhen vielleicht darauf, daß es hauptsächlich Granulationsgewebe war, das Linser untersuchte.

Halkin, der den Einfluß der Becquerelstrahlen auf die Haut untersuchte, kam ebenfalls zu dem Ergebnis, daß zunächst die Gefäßveränderungen vorherrschend sind, während man an den Epithel- und Bindegewebszellen nur den Anfang von Veränderungen findet. Er kommt aber doch schließlich

zu dem Resultat, daß die Zellen des Epithels primär geschädigt werden, wenn er sagt: „Es scheint also, daß die Becquerelstrahlen zu gleicher Zeit auf die Gefäße und die Epithel- und Bindegewebszellen einwirken. Wenn nun die Gefäßveränderungen als erstes Symptom auftreten, so brauchen sie nicht das primäre zu sein, sondern wir dürfen annehmen, daß sie die Folge einer Abnahme der Resistenz der Wände durch die Degeneration sind, die für uns erst zu einer Zeit sichtbar wird, in der die Vakuolisierung deutlich hervortritt. Epithel- und Bindegewebszellen werden zu gleicher Zeit mit den Endothelzellen getroffen und die Veränderungen sind auch in derselben Zeit erkennbar. Da nun aber den Endothelzellen eine besondere spezifische Funktion zukommt, so müssen naturgemäß bei Ausfallserscheinungen, die sich durch eine Art von Lähmung kennzeichnen, viel früher Störungen sichtbar werden, ehe die morphologischen Veränderungen zutage treten.“ Er glaubt also, daß die Läsion an den Gefäßen sich in einer Funktionsstörung äußert, ehe noch anatomische Veränderungen nachweisbar sind.

Krause und Ziegler konstatierten bei ihren Untersuchungen an der bestrahlten Haut weißer Mäuse zunächst eine Schrumpfung mit nekrotischem Zerfall der Haarfollikelzellen, dann eine Quellung und Kernpyknose der basalen Epidermiszellen. Vorhandene Mastzellen sind in Zerfall begriffen oder ganz aufgelöst, die metachromatischen Granula diffus im Gewebe zerstreut. Bei starker Einwirkung zerfallen die basalen und follikulären Zellen, das Epithel verschmälert sich. Die Zerstörung kann auch das kollagene Gewebe der Cutis treffen, ja sich bis in die Subcutis und ihre Muscularis ausdehnen. Eine Wucherung des Bindegewebes fehlt.

Thies untersuchte die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Haut von Tieren und machte auch an seiner eigenen Haut folgenden Versuch: Er bestrahlte eine Hautstelle am Rücken seines Vorderarmes; die Stelle wurde nach einstündiger Bestrahlung am 10. Tage exzidiert. Er fand hierbei das Epithel durch Exsudat abgehoben; aber noch fixiert durch die Haarschäfte. Im Zentrum der bestrahlten Stelle waren die Kerne nicht mehr gefärbt. In den oberen Lagen waren sie geschrumpft und lagen in heller gefärbten Hohlräumen. In den tieferen Schichten des Epithels fanden sich neben den zahlreichen Leukozyten Chromatinschollen, teils frei, teils von den

Leukozyten eingeschlossen. Es ist also seiner Meinung nach anzunehmen, daß die Epithelzellen direkt durch Strahlenwirkung zerstört werden, zumal an den Haarschäften die Epithelien zu Grunde gehen, ehe noch das Bindegewebe der Umgebung deutliche Zerfallserscheinungen erkennen läßt, und auch keineswegs nach dem Aussetzen der Funktion des Endothels der Gefäße die Epidermiszellen schneller zu Grunde gehen würden, als das Bindegewebe.

Eine Kritik aller dieser Versuche führt schon notwendigerweise zu dem Schluß, daß die Röntgen- und Radiumstrahlen tatsächlich, wie Scholtz behauptet hat, stets eine primäre degenerative Wirkung auf die Zellen der Haut ausüben; darin sind sich jetzt fast alle Untersucher einig. Und hiermit steht auch die klinische Beobachtung im Einklange, daß nach längeren Bestrahlungen häufig eine Atrophie der Haut auftritt, und daß es an behaarten Stellen zur Alopecie ohne alle entzündlichen Erscheinungen kommt. In zweiter Reihe kann man mit Perthes mit Recht den Schluß ziehen, daß die Röntgenstrahlen eine elektive Wirkung auf besonders lebhaft proliferierendes Gewebe haben, eine Ansicht, die auch von anderen Autoren geteilt wird.

Die gleichen Tatsachen, welche sich aus den Experimenten an der Haut ableiten ließen, ergaben aber auch Untersuchungen an inneren tierischen Organen. In erster Linie sind hier die Befunde an bestrahlten Hoden und Ovarien zu nennen. Albers-Schönberg fand bei längerer Bestrahlung von männlichen Meerschweinchen, daß die Tiere die Fortpflanzungsfähigkeit verlieren. Die Sektion ergab eine Azoospermie, weder im Hodenausstrich noch in den Samenblasen waren lebende Spermatozoen vorhanden. Bei der mikroskopischen Untersuchung, die von Frieben vorgenommen wurde, erwies sich als Ursache der Azoospermie ein degenerativer Prozeß der spezifischen Epithelzellen der Hodenkanälchen.

Scholtz und Seldin, die die Versuche von Albers-Schönberg sowohl mit Röntgenstrahlen wie auch mit Radiumstrahlen wiederholten, kamen zu dem gleichen Ergebnis. Histologisch zeigte sich folgendes: „Während die zur Kontrolle genommenen Präparate von normalen Hoden von Meerschweinchen vor allem große Hodenkanälchen mit mehrschichtigem Epithel zeigen, und lebhafte Spermatozoenbildung erkennen lassen, sind die Samenkanälchen in den Präparaten

von den bestrahlten Tieren klein und zusammengefallen, und das Epithel besteht nur noch aus 1—2 Lagen, zum Teil leicht degenerierter Zellen; die atrophischen Kanälchen sind mit körnigem Detritus angefüllt und Spermatozoenbildung fehlt vollständig. An den Blutgefäßen sind keine Veränderungen nachweisbar, das interstitielle Gewebe ist vermehrt.“ Seldin führt wie Frieben und später auch Buschke die Atrophie der Hoden und die Nekro- und Azoospermie auf den durch die Bestrahlung hervorgerufenen Untergang des spezifischen Kanälchenepithels zurück. Bei diesen Versuchen kam es an der Haut nur zum Haarausfall, woraus hervorgeht, daß die Strahlen auf die Zellen des darunter liegenden Hodengewebes stärker eingewirkt hatten als auf die darüber liegende Haut.

Der Einfluß der Röntgenstrahlen auf Ovarien wurde von Halberstädter experimentell geprüft, und zwar in der Weise, daß er durch die Bauchdecken hindurch das eine Ovarium bestrahlte, während das andere, d. h. die darüber liegende Haut, mit Bleiplatten abgedeckt war. Bei der Sektion, die in verschiedenen Zeitabständen nach der Bestrahlung vorgenommen wurde — bei einigen Tieren wurde zwischendurch auch eine Autopsie in vivo gemacht —, zeigte sich schon makroskopisch, daß das bestrahlte Ovarium erheblich kleiner war als das unbestrahlte. Die mikroskopische Untersuchung wurde später von Specht ausgeführt; er fand bei allen bestrahlten Ovarien die Graaf'schen Follikel zu Grunde gegangen, und an den noch vorhandenen zum großen Teil schwere Degenerationssymptome, die sich in Kernschrumpfung, Kernzerfall, Kernschwund und Protoplasmadegeneration äußerten. Aber auch im interstitiellen Eierstockparenchym ließen sich degenerative Veränderungen nachweisen; die Zellen der bestrahlten Seite waren viel kleiner, ihr Protoplasma meist arm an Körnchen, die Konturen unscharf. Specht stellte später ebenfalls derartige Versuche an Ovarien an, wobei er die gleichen Resultate erhielt. Er betont ausdrücklich gegenüber Baermann und Linser, daß bei diesem Organ eine Gefäßschädigung überhaupt nicht in Betracht komme, sondern daß die Zellen es sind, die den ersten Angriffspunkt für die Röntgenstrahlen bieten. Als interessante Tatsache erscheint ihm, daß die ersten Veränderungen an den Primärfollikeln, also einem epithelialen Organ, und im interstitiellem Eierstock-

parenchym, das nach Ansicht der Mehrzahl der Autoren bindegewebigen Ursprungs ist, nahezu gleichzeitig auftreten.

Halberstädter fiel noch auf, daß an der Bauchhaut der bestrahlten Tiere gar keine Reaktion und nur bei stärkerer Einwirkung ein Haarausfall vorhanden war, trotzdem die Haut bedeutend mehr Strahlen erhalten haben mußte als die Ovarien, bei denen die oben erwähnten Veränderungen gefunden wurden. Er folgert daraus, daß die Ovarien gleich den Hoden eine bedeutend größere Empfindlichkeit für Röntgenstrahlen besitzen als die Haut.

Krause und Ziegler, die gleichfalls Bestrahlungsversuche sowohl an Hoden wie auch an Ovarien bei weißen Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen, weißen Ratten und Hunden vornahmen, konnten die Befunde der letztgenannten Autoren bestätigen und degenerative direkte Zellnekrose und eine Störung der normalen produktiven Zell- resp. Kerntätigkeit konstatieren: „Die Veränderungen betreffen meist die peripheren Hodenkanälchen und bestehen in Pyknose und Zerfall sowie Auflösung der Kerne, Desquamation und Desorganisation des Epithels. Die Produktion von Spermatozoen ist hochgradig gestört, so daß viele Hodenkanälchen diese vollkommen vermissen lassen."

Mehrfach sind sodann Untersuchungen vorgenommen worden, um die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf andere innere Organe festzustellen. Dabei wurde vor allem eine sehr intensive Beeinflussung des lymphatischen Gewebes, speziell der Milz nachgewiesen.

So fand Heineke, daß die Milz bei Meerschweinchen, Mäusen und Ratten durch die Röntgenstrahlen außerordentlich leicht zu beeinflussen ist. Makroskopisch erschien die Milz außerordentlich klein und dunkel- bis schwarzbraun gefärbt. Bei der histologischen Untersuchung fand er eine enorme Vermehrung von Pigment, besonders in den Pulpazellen, während die Follikel davon ziemlich frei waren. Die Malpighi'schen Körperchen waren klein, enthielten nur sehr wenig Zellen, wie auch das übrige Pulpagewebe. Dabei konnte er feststellen, „daß die Milzfollikel nicht nur bedeutend schwerer geschädigt sind, sondern daß die Veränderungen in ihnen auch viel früher auftreten als in der Milzpulpa". Schon wenige Stunden nach Beginn der Bestrahlung beginnen bereits die Veränderungen, die zum Untergang der Follikel führen, erreichen ihren Höhe-

punkt bereits in der 8. bis 12. Stunde und sind nach 24 Stunden in der Hauptsache abgeschlossen. Unter dem Einfluß der Bestrahlung zerfallen die Kerne der Leukozyten in den Follikeln nach wenig Stunden in Trümmer und Kugeln, diese Kerntrümmer werden von Phagozyten aufgenommen, die ihrerseits wieder nach kurzer Zeit aus der Milz verschwinden. Der Effekt dieses Vorganges ist der, daß die Follikel schon nach etwa 24 Stunden, je nach der Dauer der Bestrahlung bis auf mehr oder weniger große Reste zu Grunde gegangen sind. An der Milzpulpa dagegen ließen sich zu dieser Zeit noch keine Veränderungen erkennen und ebensowenig an anderen Organen, noch auch an der Haut.

Aus dieser Beobachtung zog Heineke den Schluß, daß die Röntgenstrahlen auf die Malpighi'schen Körperchen eine elektive Wirkung ausüben.

Seine Vermutung, daß auch die Milzfollikel in anderen Organen auf diese Weise reagieren, ward bestätigt. In allen Lymphdrüsengruppen, in den Follikeln des Darmkanals und bei jungen Tieren auch in der Thymus, traten analoge Veränderungen auf: „Wenige Stunden nach der Bestrahlung zeigen sich in den Follikeln feinere und gröbere, sich intensiv färbende Chromatinkugeln, die nach Form und Lagerung nur als Kerntrümmer angesehen werden können. Daneben erscheinen helle Herde, in denen die Lymphozyten fehlen, und große Zellen mit bläschenförmigem Kern und großem Protoplasmaleib, Zellen von epitheloidem Charakter zum Vorschein kommen."

Heineke hat dann auch an Kaninchen und Hunden diese Versuche angestellt und gefunden, daß beispielsweise „einviertelstündige Bestrahlung des Bauches mit harter Röhre aus kurzer Entfernung genügt, um bei einem mittelgroßen erwachsenen Hunde innerhalb weniger Stunden deutlichen Kernzerfall in den Follikeln der Milz, der mesenterialen Lymphdrüsen und des Darmes hervorzurufen". Endlich fand er auch im Knochenmark, aber erst in späteren Stadien und nach viel intensiverer Bestrahlung degenerative Veränderungen, ein Zugrundegehen eines großen Teiles der spezifischen Zellen und Ersatz derselben durch Fettzellen. Genau dieselben Resultate erhielt er durch Einwirkung der Radiumstrahlen auf die blutbildenden Organe.

Krause und Ziegler gelangten bei ihren Untersuchungen zu dem gleichen Ergebnis: „Schon eine Stunde nach der Be-

strahlung sieht man in den zentralen Teilen verschiedener Follikel deutlich herdförmige Nekrosen. Die Stellen entsprechen den sonstigen Stellen der Flemming'schen Keimzentren. Die Kerne der Lymphozyten sind daselbst geschrumpft oder in kleine, intensiv gefärbte homogene Klümpchen von chromatischer Substanz zerfallen. Bei stärkerer Bestrahlung macht sich dann eine immer tiefer gehendere Einwirkung bemerkbar." Sie fassen ihre Befunde an der Milz und dem lymphatischen Gewebe folgendermaßen zusammen: „Die Schädigung betrifft zunächst die Keimzentren der Follikel, sodann bei stärkerer Einwirkung das ganze lymphatische Follikelgewebe, schließlich auch die lymphatischen Zellen der Pulpa und die Riesenzellen. Das ganze Organ schrumpft zusammen, die Pulpagefäße kollabieren, die daselbst noch befindlichen roten Blutkörperchen wandeln sich in körniges Pigment um. Reaktive Wucherungserscheinungen fehlen oder sind nur höchst geringgradig. Bei den Lymphdrüsen macht sich der Einfluß kurzdauernder, wiederholter Bestrahlungen ebenso eigenartig geltend, wie bei der Milz. Die Follikel enthalten Kerntrümmer, Zellen mit pyknotischem Kern, dazwischen große epitheloide Zellen, vereinzelt auch polymorphkernige Leukozyten."

Das lymphatische Gewebe der Darmschleimhaut verhält sich ebenso wie das der Lymphdrüsen. Am Knochenmark ließen sich ebenfalls konstante Veränderungen auffinden, die kernhaltigen Zellelemente gehen teils durch direkten bröckligen Kernzerfall, teils aber auf nekrobiotischem Wege zu Grunde. Indessen zeigen die Zellen geringere Veränderungen als bei der Milz; die knöcherne Hülle ist zweifellos ein gewisses Schutzmittel gegenüber den Röntgenstrahlen und bedingt sowohl lokale als auch individuelle Verschiedenheiten der Intensität und Extensität ihrer Wirkung.

Auch aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß die Röntgenstrahlen ihre degenerative Tätigkeit vor allem auf Zellen entfalten, die in lebhafter Vermehrung begriffen sind. Bei der Milz war im Gegensatz zu Haut, Hoden usw. das außerordentlich schnelle Einsetzen der Zelldegenerationen besonders bemerkenswert.

Wie auf die blutbildenden Organe, so läßt sich ein gewisser Einfluß der Bestrahlung auch auf die Blutzellen selbst konstatieren.

Heineke beobachtete in den ersten Tagen nach der Be-

strahlung eine Verminderung der Leukozytose, die er auf den Untergang der weißen Blutzellen in der Milz zurückführt: er schenkt jedoch dieser Tatsache wenig Beachtung.

Genauer untersuchten Linser und Helber die Wirkung auf das Blut, indem sie Ratten, Kaninchen und Hunde sehr lange wirkenden Bestrahlungen (100—120 Stunden) aussetzten. Sie kamen zu folgendem Ergebnis: „Die weißen Blutkörperchen werden in elektiver Weise durch die direkte Einwirkung der Röntgenstrahlen im Organismus zerstört. Dieses ist am stärksten in kreisendem Blute der Fall. Von den verschiedenen Leukozytenformen sind die Lymphozyten am wenigsten widerstandsfähig gegen die Röntgenstrahlen.“ Die Untersucher nehmen also im Gegensatz zu Heineke an, daß die Zerstörung der Leukozyten im kreisenden Blute als das Primäre anzusehen, und die Verarmung der inneren Organe an Leukozyten erst eine Folge sei.

Tatarski beobachtete bei seinen Versuchen zunächst einen Leukozytenanstieg im Blute, dann nahmen die weißen Blutzellen außerordentlich ab, und zwar die Lymphozyten weit mehr als die polynukleären Leukozyten.

Dagegen fanden alle Autoren, daß die Bestrahlungen auf die Erythrozyten keinen Einfluß hatten.

Auf die Zellen der Niere scheinen die Röntgenstrahlen keine große Wirkung auszuüben.

Heineke konnte bei seinen oben erwähnten Versuchen überhaupt keine Veränderungen an ihnen konstatieren. Buschke und Schmidt bestrahlten die freigelegten Nieren zwei Stunden hindurch und sahen eine ausgedehnte Nekrose der Rinde. In gleicher Weise experimentierten Schulz und Hoffmann; ihre Befunde an den allerdings nur kurze Zeit (55—100 Minuten) bestrahlten Nieren waren nicht sehr groß, und müssen, wie wohl auch bei den vorigen Autoren, zum Teil auf die Schädigungen durch den Eingriff zurückgeführt werden. Immerhin kann man den Strahlen einen gewissen Einfluß zuschreiben, da sich die Veränderungen in den Teilen der Niere am deutlichsten zeigten, die bei der Bestrahlung der Röhre am nächsten waren. Was die Veränderungen anbetrifft, so zeigte sich an den Nierenepithelien eine Desquamation und Nekrose; die Zellen befanden sich im Zustande der Vakuolisierung und hatten ihre Kernfärbbarkeit verloren. Daneben waren zahlreiche interstitielle Blutungen und klein-

zellige Infiltrationen vorhanden. In späteren Stadien bot die Niere das Bild einer chronischen Schrumpfniere: reichliche Entwicklung eines interstitiellen Bindegewebes und Untergang der Glomeruli infolge von Kompression. Die Autoren nehmen an, daß diese Veränderungen „durch eine primäre Schädigung der Nierenepithelien zu Stande kommen, während die Blutgefäße intakt bleiben". Infolge der Epithelzerstörung, nicht bloß infolge der Haemorrhagien, kommt es zu einer interstitiellen reparatorischen Bindegewebsvermehrung, die natürlich ihrerseits wieder nicht ohne Wirkung auf Epithelien und Glomeruli bleibt.

Blauel, der den Einfluß der Radiumstrahlen auf die Niere untersuchte, kommt zu demselben Ergebnis; auch er spricht die Ansicht aus, daß die Degeneration der Niere nicht auf Veränderungen an den Gefäßen bezogen werden könne, da sich erst viel später Veränderungen an diesen bemerkbar machten.

Friedrich, der die Nieren weißer Mäuse 1—4 Stunden mit Röntgenstrahlen behandelt hatte, fand, daß die Epithelien der Harnkanälchen vorwiegend in der Rinde nur zum Teil gut gefärbte Kerne und stellenweise ein schaumartig aussehendes Protoplasma hatten. Die Glomeruli waren reichlich mit Blut gefüllt, in Rinde und Mark zahlreiche Hyperaemien und auch vereinzelt Haemorrhagien vorhanden; dagegen waren keine Veränderungen im interstitiellen Gewebe und weder eine Emigration von Leukozyten noch eine Zellenproliferation zu konstatieren.

Es wird demnach auch durch diese Untersuchungen die Tatsache erhärtet, daß die Röntgen- und Radiumstrahlen direkt schädigend auf die Zelle einwirken.

Weiterhin ist dann das Verhalten der Leberzellen gegenüber Bestrahlungen geprüft worden.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß die Röntgenstrahlen anscheinend keinen, die Radiumstrahlen einen geringen Einfluß haben. Seldin kam bei seinen Versuchen zu dem Ergebnis: „Nach etwa gleich intensiver Röntgen- und Radiumbestrahlung der Lebergegend konnten an der bestrahlten Stelle der Leber weder makroskopisch noch mikroskopisch deutliche Veränderungen nachgewiesen werden."

London sah nach Monate hindurch fortgesetzter Bestrahlung von Mäusen mit Radium eine fettige Degeneration der Leberzellen.

Thies, der die Leber direkt angriff, indem er die Radiumkapsel auf die Oberfläche der Leber legte, und die Strahlen 6 Stunden einwirken ließ, konnte eine blasige Auftreibung der Leberzellen feststellen; sie verloren ihre polygonale Form und wurden schließlich zu einer homogenen oder fein granulierten Masse.

Während bei allen diesen Organen und ihren Zellen das degenerative Moment bei der Schädigung in den Vordergrund tritt, fanden Buschke und Schmidt bei ihren Experimenten an Schweißdrüsen eine Funktionsstörung als wesentlichste Wirkung durch die Röntgenstrahlen, ohne daß irgend welche anatomische Veränderungen an den Drüsen nachzuweisen waren.

Buschke und Schmidt wählten für ihre Versuche die Katzenpfote, weil diese besonders große Schweißdrüsen besitzt. Etwa 3—4 Wochen nach der Bestrahlung trat bei den Tieren eine eigentümliche Glätte der Gehfläche, teils auch eine Alopecie der angrenzenden Haut ein; vor allem aber war an den bestrahlten Pfoten eine völlige Unterdrückung der Schweißsekretion vorhanden. Diese wurde geprüft, indem die Tiere 0,01 Pilocarp. hydrochlor. injiziert erhielten, worauf an der unbestrahlten Pfote eine sehr starke Schweißabsonderung auftrat, während sie an der bestrahlten gänzlich ausblieb. Mikroskopisch waren degenerative Veränderungen an den Schweißdrüsenepithelien nirgends nachweisbar: „Ein Unterschied zwischen der bestrahlten und unbestrahlten Pfote ist insofern zu erkennen, als bei der ersten die Oberfläche des etwas atrophischen Stratum mucosum und dementsprechend das Stratum corneum nicht gewellt verläuft, so daß Leisten und Furchen entstehen, sondern in gerader Linie, und daß die Basalzellen des Stratum mucosum gar kein oder nur sehr wenig Pigment führen; das Corium zeigt keine entzündliche Infiltration, die Kerne der Schweißdrüsenepithelien sind überall gut gefärbt, nirgends sind Vakuolen nachzuweisen.“ Trotzdem nehmen Buschke und Schmidt an, daß die Sekretionsstörung durch eine direkte Schädigung der Schweißdrüsenepithelien veranlaßt sei, wenngleich histologisch nichts aufzufinden war. Scholtz sah bei seinen Versuchen an der Haut von Schweinen auch in den Zellen der Schweißdrüsen leichte degenerative Veränderungen, eine teilweise Proliferation mit Abstoßung in das Drüsenlumen. In einem zweiten Falle

„weisen auch die Zellen der Schweißdrüsen stärkere degenerative Veränderungen und Vakuolisation auf und die Drüsenschläuche sind zum Teil erfüllt mit massenhaft eingewanderten Leukozyten".

Von Margarete Stern und Halberstädter wurden die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Bürzeldrüse der Ente untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß mit zunehmender Atrophie der Drüse auch die Sekretion geringer wurde, und zwar fanden sie, „daß die erste Schädigung der Zelle in einer Abnahme und darauf in einem völligen Schwund der lipoiden Körnchen in den von den Strahlen getroffenen Tubulis besteht". Mit dem ersten Verschwinden der lipoiden Körnchen sei das Zustandekommen der Atrophie der Drüse eingeleitet, es komme allmählich zu einem Verfall der Tubuli, der noch durch eine Wucherung von Bindegewebe begünstigt werde. Stern und Halberstädter sind nun im Gegensatz zu Buschke und Schmidt und den meisten anderen Autoren der Ansicht, daß die Röntgenstrahlen gerade auf die Funktion der Zellen schädigend einwirken. „Das, was zuerst zerstört wird", sagen sie, „ist die Funktion der Zelle, und noch bevor man an der Zelle resp. am Gewebe pathologische Veränderungen histologisch nachweisen kann, ist das Produkt zerstört." So ist es an den bestrahlten Testikeln: „zuerst leidet die Bildung der Spermatozoen; so ist es an den Schweißdrüsen, bei denen die Sekretion des Schweißes nach der Bestrahlung schon vollständig erloschen ist, während man histologisch noch keine Veränderungen nachweisen kann". Folglich werde auch in diesem Falle die Funktion der Drüsenzellen geschädigt, und die Autoren begründen ihre Ansicht damit, daß die ersten Schädigungen durch die Röntgenstrahlen an dem ersten Produkt, das in der Zelle aus dem ihr zugeführten Nahrungsfett entsteht, nämlich an den lipoiden Körnchen, sich bemerkbar machen; denn das der Zelle zugeführte Nahrungsfett gelange durch den Blutstrom, die feinen Kapillaren, die jeden Tubulus umgeben, in die Drüse und zwar in Form der staubfeinen osmierbaren Körnchen. Ein Teil derselben gehe unverändert in das Sekret der Bürzeldrüse über, in dem es noch mikroskopisch nachweisbar sei, der Hauptteil aber werde in das spezifische Sekret übergeführt. Als erstes Produkt entständen die lipoiden Körnchen und erst aus ihnen sekundär die eigentlichen Sekrettröpfchen.

Demgegenüber dürfte doch die Auffassung die richtige sein, daß die Hauptwirkung der Röntgenstrahlen stets auf einer primären Zelldegeneration beruht. Dafür sprechen die Befunde bei allen Organen; erst wenn weitgehende Degenerationen der Zellen aufgetreten sind, kommt es natürlich auch zu einer deutlichen Abnahme der spezifischen Funktion der Zellen, so hört dann beispielsweise die Spermatogenese im Hoden auf oder die Bildung der Lymphozyten in den Milzfollikeln. Die von Buschke und Schmidt konstatierte Tatsache ist in der Tat der einzige Fall einer Funktionsstörung ohne nachweisbare histologische Ursache.

Von Scholtz (nicht publiziert) wurden zur Klärung dieser Frage Experimente an Flimmerepithelzellen gemacht, indem er die Zunge von Fröschen bestrahlte. Die Röntgenstrahlen hatten keinen Einfluß darauf. Sowohl während, wie einige Stunden nach der Bestrahlung konnte keine Änderung der Flimmerbewegung festgestellt werden. Auch bei Spermatozoen, die er Bestrahlungen aussetzte, konnte er keine Abnahme der lebhaften Beweglichkeit beobachten.

Man wird infolgedessen der Annahme von Buschke und Schmidt beipflichten können, daß auch in ihrem Falle doch eine Degeneration der zelligen Elemente eingetreten war, die die Funktionsstörung bedingte, man konnte sie nur nicht mikroskopisch nachweisen.

Auf die Zellen der quergestreiften Muskeln haben Röntgenstrahlen mäßigen Grades nach Scholtz gar keinen oder nur geringen Einfluß; die Radiumstrahlen dagegen scheinen etwas stärker aktiv zu sein.

Okada konnte in den Rückenmuskeln von Mäusen eine fettige Degeneration der Muskelfasern konstatieren, jedoch war keine Muskelfaser zum Schwinden gebracht worden; ferner zeigte sich, daß nur die oberflächlich gelegenen Muskelfasern diese pathologische Veränderung erlitten hatten, die tiefer gelegenen völlig intakt geblieben waren. Bei Kaninchen dagegen wurde die Bestrahlung am Oberschenkel vorgenommen und ergab gegenüber der Kontrollseite keine Veränderung.

Thies fand an den Muskeln von Meerschweinchen bei sechsstündiger Radiumbestrahlung nach drei Tagen eine Degeneration der Muskelfasern, indem die Längs- und Querstreifung verschwunden, und die Kerne des Sarkolemms zu Grunde gegangen waren. Im Innern der zerfallenen Fasern

trat dann eine Rundzelleninfiltration auf, und später ein Ersatz der Faser durch Bindegewebe.

Auf die Organe des Zentralnervensystems wirken die Röntgen- und Radiumstrahlen im ganzen nur in geringem Grade ein. An den peripheren Nerven kann man irgendwelche Schädigung überhaupt nicht wahrnehmen. Scholtz bestrahlte mit Radium $^1/_2$—2 Stunden bei Fröschen die Gegend des N. ischiadicus und bei zwei Kaninchen den frei präparierten Nerv selbst mit völlig negativem Resultat. Desgleichen konnte Okada bei demselben Versuch weder an den peripheren Nervenstämmen noch auch an den Hautnerven eine Einwirkung erzielen.

Jedoch auch im Gehirn und Rückenmark — alles Organe mit sogenannten ruhenden Zellen — sind nach Bestrahlungen wesentliche Zellveränderungen kaum gefunden worden.

Von London, Heineke, Scholtz und Seldin wurden bei kleinen Tieren, besonders Mäusen, nach intensiven Bestrahlungen schwere Allgemeinerscheinungen beobachtet, die vielfach zentralen Charakter trugen: Schläfrigkeit, komatöse Zustände, Paresen und Lähmungen der Extremitäten, besonders der hinteren, an denen sie meist eingingen. Bei größeren Tieren, wie Meerschweinchen und Kaninchen, waren die Erscheinungen nicht so ausgesprochen, und die Tiere erholten sich in der Regel davon. Bei der Sektion sahen Scholtz und Seldin nur eine intensive Injektion der Gefäße der Hirnhäute, aber keine Erweichungsherde, oder sonstige pathologische Erscheinungen im Gehirn.

Heineke fand tiefgehende hämorrhagische Erweichungsherde und an den Ganglienzellen der Hirnrinde bei Anwendung der Nissl-Färbung abnorme Bilder, unter denen er als wesentlich die Verlagerung der chromophilen Substanz an die Zellperipherie hervorhebt. London beobachtete atrophische Zellen im Rückenmark. Obersteiner konnte an den zentralen Fasern des Gehirns und Rückenmarks keine einwandfreien Befunde erhalten und ist der Meinung, daß sie durch die Radiumstrahlen nicht merklich alteriert werden.

An den nervösen Elementen des Auges sind dagegen von Birch-Hirschfeld schwere Schädigungen nach Röntgen- und Radiumbestrahlungen festgestellt worden. Intensiv bestrahlte Kaninchenaugen boten erhebliche Veränderungen der Retina dar: Die Ganglienzellen zeigten Vakuolisation.

Auflösung der Chromatinsubstanz, endlich Zerfall der Zellmembran und Zerfall der Zelle. Auch an menschlichen Augen, die aus therapeutischen Gründen, meist wegen Carcinom des Lidrandes oder der Schläfengegend, starken Bestrahlungen ausgesetzt und später enukleiert wurden, zeigten sich dieselben Veränderungen. Besonders auffallend waren hierbei die Veränderungen der Makula; diese wies zahlreiche zystenartige Hohlräume auf, die größtenteils der inneren Körnerschicht, seltener der Henle'schen Faserschicht angehörten und eine homogene, wenig färbbare Substanz enthielten, wobei entzündliche Erscheinungen vollkommen fehlten. An einem anderen Bulbus sah er neben Vakuolisation und Chromatolyse der Netzhaut-Ganglienzellen auch eine vakuolisierende Degeneration der Gefäße der Netzhaut, in geringerem Maße derjenigen der Iris und des Ciliarkörpers. Übrigens ließen sich auch an anderen Teilen des Auges, besonders an der Cornea, Veränderungen auffinden, wobei die Schädigungen der Epithelzellen am markantesten waren. Dieses spricht außerordentlich dafür, daß die Strahlen direkt auf die Zellen einwirken, da bei der Hornhaut Gefäßschädigungen überhaupt nicht in Betracht kommen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß Marx am Labyrinth des Ohres nach Bestrahlungen mit Radium eine hochgradige Degeneration der Sinnesepithelien der Cristae acusticae feststellen konnte.

Von verschiedenen Seiten ist die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf den Gesamtorganismus der Tiere geprüft worden, wie bereits erwähnt worden ist. (London, Heineke, Scholtz, Seldin.) Aber auch das Verhalten der niederen Lebewesen bis hinunter zu den einzelligen Organismen ist Gegenstand mannigfacher Untersuchungen gewesen. Man wollte nicht nur sehen, wie diese auf die Bestrahlungen reagieren, sondern man hoffte auch, die Einwirkung auf die Zellen bei den einfach gebauten Organismen besser studieren zu können, als bei den komplizierten Organverhältnissen der höheren Tiere.

Schaudinn, der mit Protozoen experimentierte, kam dabei zu folgendem Ergebnis:

„So verschieden die Protozoen in ihrem Bau und ihren Lebensäußerungen sind, so verschieden ist auch ihr Verhalten gegenüber Röntgenstrahlen. Manche Formen, wie z. B. Laby-

rinthula macrocystis, zeigt bei 14stündiger Bestrahlung keine Veränderung, andere, wie Amoeba lucida, zeigte sich enorm empfindlich. Schon nach vier Stunden waren alle Individuen kuglig abgerundet, einige zeigten auf der Oberfläche noch kurze Pseudopodien, nach sechs Stunden aber waren die Konturen ganz glatt. Der Körper nahm dabei immer mehr Wasser auf und quoll stark auf. Die hyaline Ektoplasmaschicht wurde bei der Ausdehnung des Körpers dünner. Schließlich platzte die dünne Hülle an einer Stelle, und explosionsartig wurde das ganze Entoplasma nach allen Seiten auseinandergesprengt. Nach 10 Stunden waren auf diese Weise alle Amoeben in kleine Körperhaufen zerfallen."

Schaudinn führt dieses eigenartige Verhalten auf Unterschiede im Bau des Protoplasma und der Kernverhältnisse zurück; beispielsweise zeigten sich bei Amoeba princeps die vielkernigen Exemplare empfindlicher gegenüber der Bestrahlung als die einkernigen.

Joseph und Prowazek untersuchten den Einfluß der Röntgenstrahlen auf Paramaecien und Daphnien. Sie fanden, daß „die Plasmafunktionen bei Paramaecium gewisse Veränderungen erleiden, die nur im Sinne einer Schädigung oder mindestens Erschöpfung aufzufassen sein dürften. Dafür spricht die Herabsetzung der vakuolen Entleerungsfrequenz und die Verlangsamung der Systole, dafür spricht die vitale Färbbarkeit der Großkerne, die in durchaus übereinstimmender Weise bei experimentell hervorgerufener Ermüdung eintritt, und das oft vollständige Sistieren der Zyklose".

Auch an pflanzlichen Zellen fanden dieselben Autoren Veränderungen der Plasmafunktionen, so bei Bryopsis eine Verlangsamung der Strömung. Dagegen beobachtete Lopriore an den Zellen von Vallisneria spiralis zunächst eine beschleunigende Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Plasmaströmung. Wurde die Bestrahlung nach einer halben Stunde abgebrochen, so traten wieder normale Verhältnisse ein; hingegen führte eine einstündige Bestrahlung bereits zu sichtbaren Veränderungen des Protoplasma, das gelblich, körnig und grob vakuolisiert wurde, zweistündige Bestrahlung zum Verlust der Färbbarkeit der Chlorophyllkörner, während die Plasmaströmung erhalten blieb.

Auf Bakterien haben Röntgenstrahlen mäßigen Grades nach dem Urteil der meisten Autoren überhaupt keinen Einfluß.

Krause und Jastram, die ihre Versuche an Typhus, Milzbrand, Bacterium coli, Proteus, Streptococcus pyogenes, Bacillus pyocyaneus und prodigiosus machten, kommen zum Schluß ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, daß in keinem Falle unter den von ihnen gewählten Versuchsbedingungen eine bakterientötende Wirkung der Röntgenstrahlen beobachtet werden konnte. Nur Riedner und einige andere wollen eine Wachstumshemmung und teilweise sogar eine Abtötung der Bazillen durch die Röntgenstrahlen gesehen haben.

Um so auffallender ist es, daß bei den Radiumstrahlen, die sonst in ihrer biologischen Wirkung den Röntgenstrahlen gleichkommen, ein außerordentlich bakterizider Einfluß zu erkennen ist. So konnten Aschkinass und Caspari nachweisen, daß die Becquerelstrahlen dem Bacillus prodigiosus gegenüber eine erhebliche entwicklungshemmende Wirkung entfalten.

Pfeiffer und Friedberger fanden, daß die Radiumstrahlen Bakterien vollständig abzutöten vermögen, und zwar nicht nur Saprophyten, sondern auch pathogene Mikroben (Typhus, Cholera, Milzbrand).

Scholtz konnte ferner feststellen, daß die bakteriziden Radiumstrahlen eine erheblich stärkere Penetrationskraft und Tiefenwirkung haben als die Röntgenstrahlen. Bei einer Entfernung des Radiumpräparates von ca. 2 cm von der beimpften Agarschicht erhielt er bei Typhusbazillen nach einer Bestrahlung von drei Stunden vollständige Abtötung, bei gleicher Entfernung nach Dazwischenschaltung eines Kaninchenohres in ca. 6—10 Stunden.

Aus alledem ergibt sich, daß die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf niedere, speziell auf einzellige Organismen eine sehr verschiedene ist. Wo sie aber zu verspüren ist, bleibt doch auch hier der degenerative Charakter gewahrt. Allerdings hatte sich die Erwartung, an ihnen die Wirkungsweise der Strahlen und die Reaktion auf die Bestrahlungen hin besonders gut studieren zu können, nicht erfüllt.

Um so größeres Interesse wurde daher der Forschung auf einem anderen Gebiete entgegengebracht, indem man nämlich die embryonalen Entwicklungs- und Wachstumsvorgänge in den Kreis der Untersuchungen zog, weil man gesehen hatte, daß die Röntgen- und Radiumstrahlen ganz besonders auf Zellen mit lebhafter Proliferation einwirken. Perthes war wohl der erste, der experimentell auf diesem

Gebiete vorging. Er bestrahlte bei jungen Hühnchen am ersten Lebenstage den einen Flügel, und es zeigte sich dann, daß dieser gegenüber dem unbestrahlten ganz beträchtlich in der Ausbildung zurückblieb. Die Hemmung betraf in erster Linie die Entwicklung der Federn, aber auch das Längenwachstum der Flügelknochen blieb gegenüber der nichtbestrahlten Seite deutlich meßbar zurück. Später hat Perthes dann an den Eiern vom Pferdespulwurm (Ascaris megalocephala) die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Zellteilung untersucht. Er fand, daß die erste Teilung der Eizelle an den bestrahlten Eiern viel später eintrat, als an den unbestrahlten. Dieser Verspätung der ersten Teilung entsprach eine sehr ausgesprochene Verlangsamung der weiteren Entwicklung. Neben dieser Verlangsamung der Zellteilung gingen Unregelmäßigkeiten der Entwicklung einher, wodurch es vielfach zu Mißbildungen des Embryo kam. Bei intensiver Bestrahlung trat eine Bildung des Embryo überhaupt nicht mehr ein, sondern es entstanden nur unregelmäßige Zellkonglomerate. Aber auch die stärksten Bestrahlungen töteten die Eizelle nicht sofort, sondern hatten nur spätere Entwicklungsstörungen zur Folge. Es ergab sich nun für Perthes die Frage, ob die Störung der Zellteilung nur dann statthabe, wenn die betreffende Teilung gerade im Gange sei, oder ob auch die Zelle mit ruhendem Kern eine Schädigung erfahre, die sich bei einer später folgenden Teilung geltend mache. Zu diesem Zweck wurden die Eier luftdicht abgeschlossen, da dann wegen Mangel an Sauerstoff die Zellteilung sistiert, und bestrahlt. Diese Eier wurden ebenso durch die Röntgenstrahlen geschädigt wie die anderen, und Perthes gelangte zu folgendem Ergebnis: „Die Röntgenstrahlen schädigen also die Eizelle des Pferdespulwurmes, einerlei ob die Zellteilung gerade im Gange ist oder stillsteht. Die Schädigung tritt nicht unmittelbar in die Erscheinung, sondern äußert sich erst später in Verlangsamung der Zellteilungen, in unregelmäßigem Verlauf der Entwicklung und in der Entstehung abnormer Entwicklungsprodukte."

Schwarz dagegen, der Seeigeleier 2 Stunden lang Röntgenbestrahlungen aussetzte, konnte keinen Einfluß auf die Wachstumshemmung feststellen. Die bestrahlten Eier furchten sich ebenso schnell wie die nicht bestrahlten.

Schaper untersuchte die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Eier, Embryonen und Larven von Fröschen (Rana esculenta und Rana fusca), sowie auf Tritonlarven und Süßwasserplanarien. Er konnte eine ausgesprochene hemmende Wirkung der Radiumbestrahlung auf die Zellteilung, auf embryonale Differenzierung und embryonales Wachstum, sowie auf den Prozeß der Regeneration konstatieren, die sich jedoch erst nach Ablauf einer längeren oder kürzeren Latenzperiode zu erkennen gibt. Während der Bestrahlung selbst und unmittelbar nach Beendigung derselben waren im allgemeinen keine Veränderungen des Organismus weder in Lebensäußerungen, noch in morphologischen Eigenschaften wahrnehmbar. In jungen dotterreichen Embryonalstadien sah er mit diesen Hemmungsbildungen höchst eigenartige lokale Runzelungen und Zerklüftungen, sowie sehr charakteristische Mißbildungen einhergehen, die unter Umständen eine groteske Verkrüppelung des gesamten Individuums zur Folge hatte. Schaper fand also die Resultate von Perthes bestätigt. Bei seinen Regenerationsversuchen trat gleichfalls das degenerative Moment der Radiumstrahlen hervor. Wurden die Amputationen unmittelbar nach der Bestrahlung vorgenommen, so verlief die Wundheilung, sowie der erste Anlauf zur Regeneration stets ohne äußerlich wahrnehmbare Abweichungen von der Norm. Erst nach Ablauf einiger Tage machte sich eine fortschreitende Verzögerung des Regenerationsprozesses bemerkbar, die bald zu völligem Stillstand desselben führte. Aus dem Umstande nun, daß diese Regenerationserscheinungen sich ausschließlich auf das regenerierte Gewebe beschränken, während der übrige Organismus äußerlich noch keinerlei morphologische Veränderungen aufwies, schließt Schaper, daß ceteris paribus das jugendliche embryonale, schnell wachsende Gewebe stets in höherem Maße von der Schädigung der Radiumstrahlen betroffen wird, als das ältere, höher differenzierte Gewebe.

Bohn arbeitete gleichfalls mit Radiumstrahlen und beobachtete an Krötenembryonen (Bufo vulgaris) eine wesentliche Verlangsamung des Wachstums. In analoger Weise bestrahlte Froschlarven entwickelten sich infolge von verschiedenartigen Entwicklungshemmungen zu Mißbildungen. Wurden Seeigeleier (von Strongylocentrotus lividus) in den ersten

Furchungsstadien bestrahlt, so entwickelte sich eine unregelmäßige Blastula, und die Entwicklung der Gastrula blieb aus. Wurden die Embryonen im Gastrulastadium dem Radium ausgesetzt, so entwickelten sich abnorme Pluteusformen, denen die armähnlichen Fortsätze fehlten. Die Spermatozoen wurden durch Radiumstrahlen geschädigt und abgetötet, während unbefruchtete Eier zur Befruchtung geneigt und auch zur parthenogenetischen Entwicklung angeregt wurden.

Bohn schließt aus seinen Experimenten, daß die Becquerelstrahlen hauptsächlich das Wachstum der Gewebe und Organismen beeinflussen durch Einwirkung auf das Chromatin des Zellkerns.

Hasebroek setzte die Raupen von Plusia moneta F. den Röntgenstrahlen aus. Es fehlte jeder Einfluß auf die Puppenbildung und auf die Zeit der Puppenruhe; dagegen machte sich bei den entwickelten Schmetterlingen an den Flügeln eine Störung im Aufbau der Schuppen und Haare, also der epithelialen Gebilde bemerkbar.

v. Hippel gelang es, durch Bestrahlung trächtiger Kaninchen bei den jungen Tieren angeborenen Schichtstar zu erzeugen.

Försterling konnte, ähnlich wie Perthes an jungen Hühnern, an jungen Hunden Wachstumsstörungen durch langdauernde Bestrahlung feststellen.

Ferner wurde auch an pflanzlichen Zellen die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen experimentell geprüft. Lopriore untersuchte die Keimung des Pollens von Genista und Darlingtonia unter Einwirkung der Röntgenstrahlen. Die Keimung unterblieb. Nach Beendigung des Versuches begann sie aber sogleich, weil die Pollenkörner während der Exposition Wasser aufgenommen hatten.

Perthes stellte an Wurzelkeimen von Saubohnen (Vicia faba) Untersuchungen mit Röntgen- sowie mit Radiumstrahlen an. Die bestrahlten Wurzelkeime blieben deutlich meßbar im Wachstum zurück, und zwar bei Radiumbestrahlung erheblich mehr als bei Röntgenbestrahlung.

Diese Versuche wurden später von Körnicke wiederholt. Er bestrahlte Raps und Saubohnen in trockenem und gequollenem Zustande. Die Samen keimten, und die Keimlinge entwickelten sich bei Raps gut weiter, während die Bohnenwurzeln nach drei Tagen ihr weiteres Wachstum einstellten.

Dagegen gelang es auch durch eine 14tägige Bestrahlung nicht, die Keimkraft der Samen zu zerstören. An bestrahlten Wurzelkeimen konnte er gleichfalls die von Perthes beobachtete Wachstumshemmung feststellen.

Neuerdings wurde von Guilleminot an den Samen von Levkojen eine deutliche Verzögerung des Wachstums durch Röntgen- und Radiumstrahlen beobachtet.

Aus allen diesen Versuchen geht zur Genüge hervor, daß die Röntgen- und Radiumstrahlen, wie bereits oft betont worden ist, stets direkt auf die Zellen selbst einwirken und sie schwer zu schädigen vermögen, so daß sie einer Degeneration anheimfallen. Ferner geht daraus hervor, daß sie nicht auf alle Zellen und Zellverbände gleichmäßig einwirken, sondern daß gewisse Zellen eine größere Empfindlichkeit zeigen als andere. Man hat infolgedessen von einer elektiven Wirkung der Röntgenstrahlen gesprochen. Es ist jedoch falsch, diese elektive Wirkung nur so aufzufassen, daß man sagt, die Epithelzellen z. B. werden eher und schwerer beeinflußt als Muskel- und Nervenzellen, wie man füher allgemein annahm. Wenn man den Röntgen- und Radiumstrahlen eine elektive Wirkung zuschreibt, so beruht diese wesentlich darauf, daß lebhaft proliferierende Gewebselemente schneller und stärker auf die Bestrahlungen hin reagieren als die „ruhenden" Zellen. Diese zuerst von Perthes ausgesprochene Ansicht, daß die Röntgenstrahlen speziell auf die Zellteilung einwirken, wurde später auch von Scholtz und anderen Autoren geteilt. So schließt Bohn aus seinen Experimenten, daß die Becquerelstrahlen hauptsächlich das Wachstum der Gewebe und Organismen beeinflussen durch Einwirkung auf das Chromatin des Zellkerns. Den Grund dafür, daß die Wirkung dieser Strahlen beispielsweise auf die Epidermis stärker ist als auf andere Gewebe, sucht Bohn darin, daß die Epidermis in fortwährender Regeneration, ihre Zellen sich andauernd in Teilung befinden.

Krause und Ziegler gelangen am Schlusse ihrer umfangreichen Untersuchungen zu folgendem Urteil: „Alle Zellen erfahren durch die Röntgenstrahlen gewisse Veränderungen, jedoch der quantitative Ausschlag derselben ist äußerst verschieden.

Man hat vielfach daraus Veranlassung genommen, von einer spezifisch elektiven Wirkung der Röntgenstrahlen zu sprechen. Dieses erscheint uns jedoch logisch nicht recht zu

begründen zu sein; denn die Röntgenstrahlen können als physikalische Größe bei gegebener Versuchsanordnung nur in ein und derselben Richtung wirken. Ihre wirksame Kraft trifft aber jedes Gewebe in gleicher Weise. Unterschiede in der Wirkung der Röntgenstrahlen selbst können daher nur graduell sein, indem die Intensität derselben durch geeignete Änderungen der Versuchsanordnung gesteigert oder geschwächt werden kann.

Die scheinbare Selektion der wirksamen Strahlen kann demnach nur in der verschiedenen Reaktionsfähigkeit des bestrahlten Gewebes gelegen sein. Die Versuche weisen uns darauf hin, daß gewisse Gewebe unter gewissen Lebensbedingungen ähnliche Verletzbarkeit gegenüber den Röntgenstrahlen besitzen. Diese ähnlichen Bedingungen sind leicht zu erkennen, wenn wir uns überlegen, daß in ausgesuchter Weise gerade diejenigen Organe geschädigt werden, welche durch äußerst lebhafte Zellproduktion und lebhaften Zellansatz ausgezeichnet sind. Man kann sie als drüsige Organe zusammenfassen, deren Sekretionsprodukte wohl erhaltene Zellen sind. Dahin gehören die blutbildenden Organe, das lymphoide Gewebe, die Haut und die Haarfollikel, ferner die Hoden. Es liegt nahe, anzunehmen, daß es weniger die Zellart selbst ist, welche in spezifischer Weise durch die Röntgenstrahlen geschädigt wird, vielmehr daß dafür bestimmend der Zustand der Zelle ist, in welchem dieselbe am wenigsten widerstandsfähig ist. Dieser scheint in erster Linie in allen Stadien der Kernteilung gegeben zu sein. Der Angriffspunkt der Röntgenstrahlen wäre demnach die Chromatinsubstanz des Kernes, und zwar in erster Linie während der verschiedenen Stadien der Karyokinese. Es besteht demnach nur eine verschiedene hochgradige Verletzlichkeit einer Zelle je nach dem Zustande, in dem sich ihr Kern befindet. Dieselbe findet bei der Röntgenbestrahlung ihren prägnantesten anatomisch sichtbaren Ausdruck bei der keimenden Zelle. Nur so ist es erklärlich, daß ein fertiger polymorphkerniger Leukozyt, auch ein zirkulierender Lymphozyt oder auch Follikularzellen des lymphatischen Gewebes, die nicht Keimzentren angehören, keine Degenerationserscheinungen zeigen, während die keimenden Zellen der gleichen Zellart zerstört sind, ein Beispiel, das sich auf die Epidermis, d. h. die Basalzellen im Gegensatz zu den höher gelegenen Zellen, ferner die Follikel-

zellen im Gegensatz zu den intakten Zellen der äußeren und inneren Wurzelscheiden usw. ausdehnen läßt.

Zwei Arten des Absterbens der Zellen gehen nebeneinander her, einmal die direkte Nekrose der Kerne und der Kernzerfall, sodann der langsame Zelltod durch Nekrobiose, die pyknotische Kernschrumpfung und die Auflösung der Kerne und die Assimilation der Zellreste.

Die Schädigung betrifft in erster Reihe die Kernsubstanz, d. h. die Chromatinsubstanz. Daneben kommen auch karyolytische Vorgänge vor. In geringerem Grade der Einwirkung tritt nur eine Wachstumshemmung ein, indem die mitotischen Vorgänge nicht zur Entwicklung gelangen können.

Das Protoplasma und seine Produkte scheinen sehr widerstandsfähig zu sein, jedenfalls werden die protoplasmatischen Absonderungsvorgänge in den drüsigen Organen selbst bei intensiver Bestrahlung nicht sichtbar gestört."

Meine nun folgenden Untersuchungen, welche ich auf Veranlassung von Herrn Professor Scholtz vornahm, sollten einmal dazu dienen, nochmals an einem geeigneten pflanzlichen Objekt festzustellen, wo der Angriffspunkt der Röntgenstrahlen liegt, d. h. ob die Ansicht von Scholtz zu recht besteht, daß die X-Strahlen primär und direkt die Zellen treffen und hierauf alle Veränderungen an den Geweben zurückzuführen sind. Ferner sollte durch die histologischen Befunde eruiert werden, an welchem Teil der Zelle die ersten Veränderungen zu konstatieren sind und wie lange nach der Bestrahlung die ersten Veränderungen histologisch nachweisbar sind. Da die Röntgenstrahlen nach unseren Erfahrungen am stärksten auf proliferierende Zellen einwirken und es dabei vorzugsweise zu einem Stillstand der Zellteilung kommt, wählte ich auf Rat von Herrn Professor Scholtz für meine Untersuchungen die Keimlinge der Buffbohne, Vicia faba, in denen sich nicht nur sehr reichlich Zellteilungen finden, sondern die Karyokinese wegen der Größe der Zellen und Stärke der Chromatinfäden auch sehr schön verfolgt werden kann. Es erschien von vornherein nicht unwahrscheinlich, daß sich der Einfluß der Röntgenstrahlen an Veränderungen der Zellteilung schon sehr bald nach der Bestrahlung nachweisen lassen würde, und die lange Latenz der Röntgenwirkung bei klinischer Beobachtung nur dadurch bedingt sein dürfte, daß wir klinisch ja nur die Folgen, welche der Stillstand der Zellteilung nach sich führt,

beobachten können. An normalen Organen bestehen diese Folgen wesentlich in einer Atrophie.

Die Versuchsanordnung war nun folgende: Die Bohnen wurden in lauwarmem Wasser ca. 12 Stunden lang zum Quellen gebracht und darauf in feuchte Sägespäne gelegt, wo die Auskeimung innerhalb von 24—36 Stunden vor sich ging. Die Bohnen mit den $^1/_2$—1 cm langen Keimlingen, welche bestrahlt werden sollten, kamen darauf in ein Gefäß mit Sand und wurden mit Wasser übergossen, so daß die Keimlinge von einer dünnen Wasserschicht überdeckt waren. Es sollte hierdurch ein Austrocknen an der Luft, sowie eine Hitzewirkung von der Röhre aus vermieden werden. Andererseits durfte die Wasserschicht nicht zu dick sein, da Wasser die physiologisch wirksamen Röntgenstrahlen in ziemlich erheblicher Weise absorbiert. Um ein Überströmen von Elektrizität von der Röhre auf die Keimlinge zu verhindern, wurde einmal zwischen Röhre und Keimlinge eine Bleifolie mit einem runden Abschnitt, also eine Art Blende eingeschoben, und dieselbe mit der Erde in leitende Verbindung gebracht. Die elektrischen Wellen gehen dann natürlich wesentlich auf diese Blende über und werden abgeleitet. Außerdem wurde zur Sicherheit auch noch das Wasser in dem Versuchsgefäß mit der Erde leitend verbunden. Die Bestrahlung erfolgte in einem Abstand von ca. 15 cm (3 cm von der Wand der Röhre) und dauerte bei den verschiedenen Versuchen $2^1/_2$—$4^1/_2$ Stunden lang. Es entspricht dies etwa 200—350 Holzknecht'schen Einheiten.

Die zur Kontrolle benutzten Bohnen blieben beim ersten Versuch in den Sägespänen liegen, bei den späteren Versuchen kamen sie in das gleiche Gefäß wie die zu bestrahlenden Bohnen, nur wurden sie vor der Einwirkung der Röntgenstrahlen durch Bedecken mit Bleifolien geschützt.

Ein Teil der bestrahlten sowie der Kontrollkeimlinge wurde gleich nach der Bestrahlung, die übrigen in den einzelnen Versuchen nach verschieden langer Zeit (2 Stunden bis 3 Tage) aus dem Gefäß genommen und in Längsschnitten mikroskopisch untersucht. Sie wurden zu diesem Zweck in folgender Lösung fixiert:

1% Chromsäure	60	Volumteile
2% Osmiumsäure . . .	8	„
Eisessig	4	„
Aq. dest.	72	„

darauf in steigendem Alkohol gehärtet, in Paraffin eingebettet und dann der Länge nach geschnitten.

Zur Färbung wurde Safranin verwandt.

Ehe ich meine Versuchsresultate im einzelnen wiedergebe, möchte ich erst in Kürze auf den anatomischen Bau der Wurzelkeimlinge und auf die Vorgänge bei der Zellteilung eingehen. Die Spitzen der Keime, die von der Calyptra, Wurzelhaube, bedeckt sind, bestehen der Hauptsache nach aus nicht differenziertem Gewebe, dem Urmeristem. Man kann von der Spitze aus gerechnet drei Zelllagen unterscheiden:

1. Lage: Mehrere Reihen undifferenzierter meristematischer Zellen mit kugelrundem kleinen Kern, mit dichtem gleichmäßigem Chromatinnetz und hier und da großen Chromatinkörnern. Es finden sich ein bis zwei Nukleolen in einem Hofe gelegen.

2. Lage: Mehrere Reihen mehr differenzierter Zellen; der Beginn dieser Lage ist durch die große Anzahl sich teilender Zellen charakterisiert. Die Zellen sind verlängert, das Cytoplasma wird in späteren Stadien vakuolär. Der Kern besteht aus dichtem Netzwerk, besitzt kleine Nukleolen mit Vakuole ohne oder mit nur geringem Hof.

3. Lage: Der größte Teil dieser Zellen wird von einer Vakuole eingenommen. Die Kerne erreichen bald (ca. 2 mm hinter der Spitze) ihre höchste Größe, sind anfangs noch kugelrund, dann durch die Vakuole deformiert und an die Zellwand gedrängt. Die Kernkörperchen nehmen ebenfalls an Größe zu. Oft sind die Nukleolen in Teilung und besitzen eine oder mehrere Vakuolen.

Betreffs der Kernteilung unterscheidet man bekanntlich die drei Stadien der Prophase, Metaphase und Anaphase.

1. Bei der Prophase wird der Kern größer und chromatinreicher, während das Diplosom in seine unmittelbare Nähe rückt. Dabei treten deutliche Strahlen auf, die sich immer weiter gegen die Zellperipherie ausbreiten und in ihrer Gesamtheit Astrosphäre heißen. Dadurch, daß nun die beiden Centrosomen allmählich auseinanderrücken, kommt es zur Bildung zweier Astrosphären. Inzwischen sind auch im Kerne bedeutsame Veränderungen aufgetreten: Seine Nukleolen verschwinden, die Chromatinfäden ziehen ihre Queräste ein, das ganze Netzwerk des Kernes zerfällt in eine Anzahl geschlängelter Teilstücke, die Chromosomen, die meist die Form U-förmig zusammengebogener Schleifen besitzen. Die Chromosomen strecken sich allmählich gerade und werden dicker, der „dichte Knäuel“ geht in den „lockeren Knäuel“ über. Zwischen den immer weiter auseinanderrückenden Centrosomen spannen sich feine Fasern, die die Zentralspindel bilden.

2. Die Metaphase. Die Centrosomen haben einander entgegengesetzte Punkte erreicht, ihre zu den Chromosomen ziehenden Fäden erscheinen jetzt unter dem Bilde der „Kernspindel“. Die Chromosomen ordnen sich radiär in eine Ebene, die durch den Äquator der Spindel geht, und kehren ihre Scheitel der Achse zu. Es erscheint das Bild der „Muttersterne“ (Monaster). In diesem Stadium spaltet sich meistens jede Chromatinschleife der Länge nach in zwei „Tochterschleifen“. Diese trennen sich bald und wandern nun mit dem Scheitel voran

den Spindelfäden entlang, den Zentralkörpern zu (Metakinesis). Es entsteht das Bild der zwei „Tochtersterne".

Im 3. Stadium, der Anaphase, gehen die Tochtersterne allmählich in das Chromatingerüst der Tochterkerne über, indem die Schleifen sich untereinander wieder durch Queräste verbinden. Zugleich beginnt am Äquator der Zelle eine Einschnürung des bis dahin einfachen Protoplasmas, die bis zur vollkommenen Trennung in zwei Hälften führt (zitiert nach Hertwig).

Ich gebe im Folgenden die vier wesentlichsten Versuchsreihen wieder.

I. Versuch.

Die Bestrahlung dauerte bei diesem Versuche $2^1/_2$ Stunden, zirka 200 Holzknecht'sche Einheiten.

Ein Teil der bestrahlten, sowie der Kontrollkeimlinge wurde gleich nach der Bestrahlung, die übrigen sechs Stunden später abgenommen und untersucht.

Mikroskopischer Befund:

1. Sofort nach der Bestrahlung.

a) Bei den Schnitten der unbestrahlten Keime lassen sich sowohl bezüglich des anatomischen Baues wie auch der Zellteilung die oben ausgeführten Verhältnisse erkennen. Fast in jedem Gesichtsfeld sieht man in der zweiten Zelllage noch bei 800facher Vergrößerung 5—8 Zellen mit ausgesprochener Karyokinese, die Chromosomen, sowie die Kernspindeln treten außerordentlich scharf hervor. Daneben finden sich vielfach Zellen mit Ansätzen zur Kernteilung, bei denen sich eine Anhäufung und Verdichtung der chromatischen Substanz deutlich bemerkbar macht. Bisweilen findet man eine Zelle, bei der die Kernteilung vollendet ist, und die sich abzuschnüren beginnt. Die feinsten Details lassen sich bei der schwachen Vergrößerung natürlich nicht erkennen.

b) Bei den bestrahlten Schnitten fällt vor allem auf, daß in der zweiten Zellreihe nicht eine einzige Mitose aufzufinden ist; nirgends vermag man die charakteristischen Chromosomen der Kernteilungsfigur zu erblicken. Die Zellkerne weisen nur zum Teil ihren normalen Bau auf. Sie lassen auch bereits in den ersten Zelllagen eine erhebliche Deformation erkennen und zeigen vielfach ein verwaschenes Aussehen, das sich besonders in der verschwommenen Zeichnung des Kerngerüstes, in der schwachen Färbung und in einer unscharfen Abgrenzung des Kerns gegenüber dem Protoplasma geltend macht. Die Chromatinkörner treten nicht so deutlich hervor, auch die Kernkörperchen sind häufig nur mit Mühe zu erkennen. Hie und da erscheinen einige Kerne leicht zerbröckelt, das Chromatin ist hierbei in größeren Klumpen zusammengeballt, während es sonst mehr in kleineren Körnchen den Lininfäden aufgelagert ist. Amitotische Kernteilungen konnten nirgends gefunden werden.

2. Sechs Stunden nach der Bestrahlung.

a) Die unbestrahlten Schnitte zeigen im großen und ganzen dieselben Verhältnisse wie vorhin, nur sind in der zweiten Zelllage er-

heblich weniger Teilungen vorhanden; auch erscheinen die Kerne weniger gut gefärbt, während die Nukleolen recht intensiv tingiert sind. Die erste Zellschicht ist etwas verschmälert.

b) Bestrahlte Keime. Auch hier ist keine einzige Kernteilung vorhanden. Die Zellen in den oberen Schichten sind sehr vakuolisiert; auch in den anderen Schichten erscheint eine große Anzahl von Zellen als Hohlräume. Die Kerne weisen in den mittleren Lagen die schwersten Degenerationserscheinungen auf. Sie sind teilweise total zertrümmert, das Chromatin ist in größere oder kleinere Bröckel zerfallen, die tröpfchenartig in der Zelle zerstreut sind (ein ähnliches Bild, wie man es nach Bestrahlungen auch in der Milz von Meerschweinchen findet); teilweise sind die Kerne auch total aufgelöst, zahlreiche Zellen imponieren nur noch als leere Räume. Man hat hier ohne Zweifel das ausgesprochene Bild der Karyorhexis und Karyolysis vor sich.

II. Versuch.

Die Versuchsanordnung war beim zweiten Versuch insofern abweichend von dem ersten, als auch die nichtbestrahlten Bohnenkeimlinge genau so wie die bestrahlten behandelt wurden; denn es hätte ja der Einwand volle Berechtigung, daß die Veränderungen an den bestrahlten Keimen auch durch anderweitige Schädlichkeiten (häufigere Manipulationen, Temperaturverhältnisse, langes Liegen im Wasser usw.) hervorgerufen sein könnten. Es wurden daher alle Bohnen nach der in feuchten Sägespänen erfolgten Auskeimung in das Gefäß mit Sand gebracht und mit Wasser überdeckt. Hierbei lagen die zu bestrahlenden Bohnenkeimlinge in der Mitte, während die übrigen an der Peripherie verteilt und gut mit Bleifolie abgedeckt wurden. Die Bestrahlung dauerte bei diesem Versuch drei Stunden. Ein Teil der bestrahlten, sowie nicht bestrahlten Keime wurde gleich nach der Bestrahlung, die übrigen sechs Stunden später wie beim vorigen Versuch abgenommen. Die Fixierung, Einbettung und Färbung war genau dieselbe.

Mikroskopischer Befund:

1. Sofort nach der Bestrahlung:

a) Die unbestrahlten Schnitte weisen in den mittleren Lagen in jedem Gesichtsfeld zahlreiche Zellen mit Karyokinese auf.

b) Bei den bestrahlten ist keine Zellteilung vorhanden; im übrigen sind die Verhältnisse fast die gleichen wie bei I.

2. Sechs Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte Keime: Im Gegensatz zu den analogen Schnitten des ersten Versuches lassen sich bei dieser Schnittserie nur sehr wenige Zellteilungen auffinden. Es müssen hierbei anderweitige schädigende Einflüsse (Wasser) mitgespielt haben, die die Kern- und Zellteilung zum Stillstand gebracht haben. Anderweitige Degenerationserscheinungen an den Zellen sind jedoch nirgends aufzufinden.

b) Bestrahlte: Keine Kernteilungen, deutliche Karyorhexis und Karyolysis.

III. Versuch.

Hierbei wurden die gequollenen Bohnen sofort in den nassen Sand gebracht, in dem sie später der Bestrahlung ausgesetzt wurden. Diese erfolgte unter den gleichen Verhältnissen wie beim zweiten Versuch und dauerte 4 Stunden. Es wurden dann sofort nach der Bestrahlung, 2 Stunden, 6 Stunden, 12 Stunden, 16 Stunden und 24 Stunden darnach sowohl bestrahlte als auch unbestrahlte Keimlinge abgenommen und genau so behandelt, wie bei den vorigen Versuchen.

Mikroskopischer Befund:

1. Sofort nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte Schnitte, zahlreiche Kernteilungen.

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, leichter Kernzerfall.

2. Zwei Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Es sind viele Kernteilungen vorhanden, wenn auch nicht so zahlreich wie vorhin.

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, stärkerer Kernzerfall wie bei Versuch II beschrieben.

3. Sechs Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: } ungefähr dasselbe Bild wie bei 2.
b) Bestrahlte: }

4. Zwölf Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: In manchen Schnitten sind noch immer recht viele Teilungen zu finden, in anderen dagegen nur vereinzelt.

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, starker Kernzerfall mit den oben geschilderten Veränderungen. An der Spitze eine ziemlich breite Lage von Zellen mit gleichmäßig und ziemlich intensiv gefärbtem Kern, der gar keine Strukturverhältnisse aufweist. Die Zellen selbst sind sehr verschmälert, plattgedrückt. In manchen Schnitten ist der Kernzerfall nicht so ausgesprochen.

Überhaupt ist in Betracht zu ziehen, daß nicht jeder Bohnenkeimling genau dieselben Verhältnisse aufweist, weder hinsichtlich der Kernteilungen noch des Kernzerfalls.

5. 16 Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Kernteilungen sind vorhanden, jedoch in manchen Schnitten ziemlich spärlich.

b) Bestrahlte: Keine Karyokinese. Der Kernzerfall tritt allmählich zurück. Es sind aber noch vielfach Zellen mit den darin verstreuten tröpfchenartigen Chromatinresten zu finden.

6. 24 Stunden nach der Bestrahlung.

a) Unbestrahlte: Kernteilungen sind vorhanden.

b) Bestrahlte: Keine Teilungen. Die Karyorhexis tritt noch stärker zurück.

IV. Versuch.

Durch diesen Versuch sollte vor allem ermittelt werden, wie lange der Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Zellen anhält und ob innerhalb der nächsten drei Tage wieder Karyokinesen nachweisbar sind. A priori schien das nicht unwahrscheinlich, da auch die bestrahlten

Keimlinge am 2.—3. Tage nach der Bestrahlung wieder Wachstum zeigten.

Dieselbe Versuchsanordnung wie bei Versuch III. Die Bestrahlungszeit betrug $4^1/_2$ Stunden. Dann wurden bestrahlte wie unbestrahlte Keimlinge sofort nach der Bestrahlung, nach 3, 6, 18 und 24 Stunden, nach 2 und 3 Tagen abgenommen und in der üblichen Weise verarbeitet.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt annähernd dieselben Verhältnisse wie bei den vorigen Versuchen, so daß ich nur kurz die Hauptpunkte hervorzuheben brauche.

1. Sofort nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte Schnitte: sehr zahlreiche Kernteilungen.

b) Bestrahlte: Keine einzige Mitose, mäßige Kernpyknose.

2. 3 Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Kernteilungen sind vorhanden.

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, Kernzerfall und Kernauflösung.

3. 6 Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: } ziemlich derselbe Befund wie bei 2.
b) Bestrahlte: }

4. 18 Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Zahlreiche Mitosen.

b) Bestrahlte: Keine Teilung, starke Karyolyse und Vakuolisation der Zellen.

5. 24 Stunden nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Es sind Kernteilungen vorhanden, und zwar mehr als bei den Schnitten 2a und 3a.

b) Bestrahlte: Keine Mitosen, sehr deutlicher Zerfall des Chromatins.

6. 2 Tage nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Kernteilungen, 5—8 im Gesichtsfelde (1/800).

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, auffallend viel Zellvakuolen; Keimschicht sehr verschmälert.

7. 3 Tage nach der Bestrahlung:

a) Unbestrahlte: Kernmitosen, 7—10 im Gesichtsfelde (1/800).

b) Bestrahlte: Keine Teilungen, die Keimschicht ganz schmal, die Zellen vakuolisiert.

Es war auffallend, daß nach 2 und 3 Tagen auch die bestrahlten Keimlinge nicht unbedeutend, wenn auch weniger als die unbestrahlten Keime, gewachsen waren. Diese Längenzunahme muß wenigstens zum Teil auf Umwandlung der schmalen Zellen der Keimschicht in lange Holzzellen zurückgeführt werden. Die Karyokinese wird durch die Bestrahlung zwar rasch gehemmt, die weitere Differenzierung der Zellen scheint aber hier an den Keimlingen wie auch an der Haut und am Hoden durch die Bestrahlung nur wenig beeinflußt zu werden.

Die analogen Versuche mit Radiumbestrahlungen konnte ich leider nicht anstellen, da mir zur Zeit kein Radiumpräparat zur Verfügung stand.

Wenn ich die Ergebnisse dieser vier Versuche noch einmal kurz zusammenfasse, so ergibt sich ohne Ausnahme, daß die Zell- und Kernteilung in den bestrahlten Keimen vollständig aufgehört hat; ferner findet man in ihnen die ausgesprochenen Bilder der Karyorhexis und Karyolysis, also ein Zugrundegehen der Kerne. In den Zellen macht sich eine stärkere Vakuolisation des Protoplasmas bemerkbar, während die Trümmer der zerfallenen Kerne tröpfchenartig darin zerstreut sind. Amitotische Teilungen dagegen sind nirgends vorhanden. Wie schon erwähnt, bieten nicht alle Schnitte derselben Serie immer die gleichen Verhältnisse dar; in manchen ist der Kernzerfall erheblicher als in anderen. Dieses muß auch bei den unbestrahlten Schnitten berücksichtigt werden: bei diesen sind bis auf die eine oben erwähnte Ausnahme stets Teilungen vorhanden, aber man findet nicht überall gleich viel. Namentlich bei dem dritten Versuch macht sich auch bei ihnen eine gewisse Verminderung der Teilungen bemerkbar, die wohl auf die nicht zu vermeidenden öfteren Manipulationen und auf das lange Liegen der Keimlinge im Wasser zurückzuführen sind. Bei dem vierten Versuch dagegen nimmt die Zahl der Teilungen in den späteren Schnitten (1—3 Tage nach der Bestrahlung) bei den unbestrahlten Keimlingen wieder etwas zu, wahrscheinlich haben sich die Keime hierbei wieder erholen können. Aus den Ergebnissen der Versuche kann ich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Röntgenstrahlen beeinflussen die Zellen des Bohnenkeims direkt; sie bringen die Zell- und Kernteilung vollständig zum Stillstand und rufen erhebliche Degenerationserscheinungen an der Zelle, besonders aber am Zellkern hervor.

2. Die degenerative Wirkung auf die Zellen ist ohne ein Latenzstadium eingetreten, da sofort nach der Bestrahlung (beim ersten Versuch schon nach $2^1/_2$ Stunden) keine Teilungen mehr zu finden sind: es müssen demnach die Zellen der Bohnenkeimlinge überaus empfindlich für die Röntgenstrahlen sein. Dies ist ein Beweis dafür, daß lebhaft proliferierendes Gewebe, wie es ja das Urmeristem, das Keimgewebe der Pflanzen, mit

seiner außerordentlichen Wachstumstendenz ist, besonders leicht und schnell durch Bestrahlungen geschädigt wird.

3. Der Kern mit seinem Chromatingerüst bildet den Hauptangriffspunkt für die Röntgenstrahlen; denn die Karyokinese hört auf, und es tritt Kernzerfall und Kernschwund ein, bevor an den Zellen selbst schwerere degenerative Veränderungen zu erkennen sind.

Die Frage, ob speziell das Chromatin des Kerns der zu allererst geschädigte Teil ist, wie Bohn, Krause und Ziegler u. a. annehmen, oder ob ein anderer Bestandteil der Zelle es ist, vermag ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls könnte man mit demselben Recht auch von den Centrosomen, die nach Ansicht vieler Forscher auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte das wirksame Prinzip der Zellteilung darstellen, das gleiche behaupteten.

Von verschiedenen Autoren wird die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Zellen überhaupt auf chemische Veränderungen zurückgeführt. Besonders das Lezithin soll nach den Untersuchungen von Schwarz eine große Rolle hierbei spielen. Er bestrahlte frische Hühnereier mit Radium und fand, daß der Dotter tiefgreifende Veränderungen erfahren hatte, während das Eiweiß ziemlich unversehrt geblieben war. Schwarz schloß nun daraus, daß die Veränderungen des Dotters im wesentlichen durch eine Zersetzung des Lezithins bedingt waren. Da nun nach Hoppe-Seyler das Lezithin in hohem Maße bei den in lebhafter Entwicklung begriffenen Zellen vorhanden ist, so schloß Schwarz: „Das Lezithin scheint somit ein Stoff zu sein, welchen die Zelle zu ihrer Entwicklung und Fortpflanzung notwendig braucht.“ Er führt die Veränderungen an den Zellen auf das durch die Strahlen zersetzte Lezithin zurück. In der Tat konnten Werner und Schlachta, die sich mit dieser Frage sehr viel beschäftigt haben, durch Bestrahlungen eine Zersetzung von Lezithin hervorrufen.

Thies dagegen vermochte die Befunde von Schwarz nicht zu bestätigen. Er fand, daß die Eier nach 192—276-stündiger Radiumbestrahlung vollkommen frisch geblieben waren, und keinen Unterschied weder in der Farbe, noch in der Konsistenz des Dotters und Eiweißes gegenüber den un-

bestrahlten Eiern zeigten. Auch an Lezithin, das er intensiven Bestrahlungen unterwarf, konnte er keine Zersetzung erkennen und schließt daraus: „Es kann also die Veränderung des Lezithins nicht die Ursache der Gewebsveränderung sein; denn es sei zum mindesten auffallend, daß nicht auch an den Zellen des Nervensystems, die doch sehr lezithinhaltig sind, eine Veränderung nachweisbar ist.“

Diese Frage, ob die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Zellen als eine biologisch-chemische aufzufassen sei, und welche chemischen Zellbestandteile dann in Betracht kommen dürften, bedarf jedenfalls noch der weiteren Untersuchungen.

Literaturverzeichnis.

1) Albers-Schönberg: Über eine bisher unbekannte Wirkung der Röntgenstrahlen auf den Organismus der Tiere. Münch. Med. Wochenschr. 1903, Nr. 43. — 2) Aschkinass und Caspari: Über den Einfluß dissoziierender Strahlen auf organische Substanzen, insbesondere über die bakterienschädigende Wirkung der Becquerelstrahlen. Pflügers Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 86. — 3) Baermann und Linser: Über die lokale und allgemeine Wirkung der Röntgenstrahlen. Münch. Med. Wochenschr. 1904, Nr. 23. — 4) Birch-Hirschfeld: Über die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf das Auge. Arch. f. Ophthalm. 1905, Bd. 59 u. ebenda 1907, Bd. 66. — 5) Blauel: Experimentelle Untersuchungen über Radiumwirkungen. Beitr. z. klin. Chir. 1905, Bd. 45. — 6) Bohn: Influence des rayons du radium sur les animaux en voie de croissance. Compt. rend. de l'Acad. des sciences, 1903, Bd. 136, citiert nach Perthes. — 7) Buschke und Schmidt: Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Drüsen. Deutsche Med. Wochenschr. 1905, Nr. 13. — 8) Exner: Über die Art der Rückbildung von Carcinommetastasen unter der Einwirkung von Radiumstrahlen. Wiener klin. Wochenschr. 1904, Nr. 7. — 9) Frieben: Hodenveränderungen bei Tieren nach Röntgenbestrahlungen. Münch. Med. Wochenschr. 1903, Nr. 52. — 10) Friedrich: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf Nieren. Zeitschr. f. Elektrologie u. Röntgenkunde. — 11) Försterling: Über Wachstumsstörungen nach kurzdauernden Röntgenbestrahlungen Zentralbl. f. Chir. 1906, S. 521. — 12) Grouven: Histologische Veränderungen des lupösen Gewebes nach Röntgenbehandlung. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1901, Bd. 5. — 13) Guilleminot: Wirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf die pflanzlichen Zellen. Zit. nach dem Referat in den Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. 12, Heft 1. — 14) Halberstädter: Die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Ovarien. Berliner klin. Wochenschr. 1905, Nr. 3. — 15) Halkin: Über den Einfluß der Becquerelstrahlen auf die Haut. Arch. f. Dermat. und Syph. 1903, Bd. 65. — 16) Hasebroek: Über die Einwirkung von Röntgenstrahlen auf die Entwicklung von Plusia Moneta F. Fortschr. auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen 1908, Bd. 12, Heft 4. — 17) Heineke: Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Tiere. Münch. Med. Wochenschr. 1903, Nr. 48. — 18) Heineke: Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf innere Organe. Münch. Med. Wochenschr. 1904, Nr. 18. — 19) Heineke: Zur Kenntnis der Wirkung der Radiumstrahlen auf tierische Gewebe. Münch. Med. Wochenschr. 1904, Nr. 31. — 20) v. Hippel: Über eine neue biologische Wirkung der Röntgenstrahlen. Münch. Med. Wochenschr. 1905, Nr. 48. — 21) Joseph und Prowazek: Versuche über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf einige Organismen. Zeitschr. f. allg. Physiol. 1902, Bd. 1, H. 2. — 22) Kienböck: Über die Einwirkung des Röntgenlichtes auf die Haut. Wiener klin. Wochenschr. 1900, Nr. 50. — 23) Körnicke: Über die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Keimung und das Wachstum. Berichte der Deutschen

Botan. Gesellsch. 1904, S. 148 und 155. — 24) Krause und Ziegler: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf tierische Gewebe. Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. 10, Heft 3. — 25) Krause und Jastram: Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Wachstum von Bakterien. Zeitschr. f. Elektrotherapie 1906, Bd. 8, Heft 5. — 26) Linser: Beiträge zur Histologie der Röntgenwirkung auf die normale menschliche Haut. Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1904, Bd. 8, Heft 2. — 27) Linser und Helber: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Blut. Arch f. klin. Medizin 1905, Bd. 83. — 28) London: Weitere Untersuchungen über Radiumwirkung. Berliner klin. Wochenschr. 1905, Nr. 42. — 29) Lopriore: Azione dei raggi X sul protoplasma delle cellula vegetale vivente. Zit. nach Schaudinn. — 30) Lossen: Die biologischen Wirkungen der Röntgen- und Becquerelstrahlen. Wiener Klinik 1907, Heft 2–4. — 31) Marx: Die Radiumwirkung auf das Labyrinth. Münch. Med. Wochenschr. 1908, S. 198. — 32) Okada: Über den Einfluß der Radiumbestrahlung auf Muskeln und periphere Nerven. Arbeiten aus dem Neurolog. Inst. an d. Wiener Univ. 1905, Bd. 12. — 33) Perthes: über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf epitheliale Gebilde, inbesondere auf das Carcinom. Arch. f. klin. Chir., Bd. 71, Heft 4. — 34) Perthes: Versuche über den Einfluß der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Zellteilung. Deutsche Med. Wochenschr. 1904, Nr. 17. — 35) Pfeiffer und Friedberger: Über bakterientötende Wirkung der Radiumstrahlen. Berliner klin. Wochenschr. 1903, Nr. 28. — 36) Rieder: Wirkung der Röntgenstrahlen auf Bakterien. Münch. Med. Wochenschr. 1896, Nr. 4. — 37) Schaper: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Radiumstrahlen auf embryonale und regenerative Entwicklungsvorgänge. Anatom. Anzeiger 1904, Bd. 25. — 38) Schaudinn: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf Protozoen. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1899, Bd. 77. — 39) Schlachta: Zur Theorie der biologischen Strahlenwirkung. Münch. Med. Wochenschr. 1905, Nr 26. — 40) Scholtz: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Haut in gesundem und krankem Zustande. Arch. f. Dermat. und Syph. 1902, Bd 59, Heft 3. — 41) Scholtz: Über die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen. Deutsche Med. Wochenschr. 1904, Nr. 25 und Deutsche Med. Wochenschr. 1905, Nr. 4 (Diskussion). — 42) Scholtz: Über die physiologische Wirkung der Radiumstrahlen und ihre therapeutische Verwertung. Deutsche Med. Wochenschr. 1905, Nr. 3. — 43) Schulz und Hoffmann: Zur Wirkungsweise der Röntgenstrahlen. Zeitschr. f. Physiol. 1905, Bd. 79. — 44) Schwarz: Zerteilung und Röntgenstrahlen Wiener klin. Wochenschr. 1903, Nr. 24. — 45) Schwarz: Die Wirkung der Radiumstrahlen. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1903, Bd. 100, S. 532. — 46) Seldin: über die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf innere Organe und den Gesamtorganismus der Tiere. Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1904, Bd. 7. — 47) Specht: Mikroskopische Befunde an röntgenisierten Kaninchenovarien. Arch f. Gynaek., Bd. 78, Heft 3. — 48) Margarete Stern und Halberstädter: Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Sekretion der Bürzeldrüse der Ente. Arch. f Dermat. und Syph. 1907, Bd. 85, Heft 1–3. — 49) Tatarski: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf tierisches Blut. Zeitschr. f. Elektrotherapie, Bd. 9, Heft 1 u. 2. — 50) Thies: Wirkung der Radiumstrahlen auf verschiedene Gewebe und Organe. Mitteilungen aus den Grenzgeb. d. Med. u. Chir. 1905, Bd. 14, Heft 5. — 51) Werner: Zur Kenntnis der Verwertung der Rolle des Lezithins bei der biologischen Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen. Deutsche Med. Wochenschr. 1905, Nr. 2.

Lebenslauf.

Ich, Walter Leopold Casemir, bin geboren am 25. Mai 1882 zu Bartenstein, Kreis Friedland, als Sohn des damaligen Gerichtsaktuars August Casemir und seiner Ehefrau Auguste geb. Saemann.

Ich besuchte zunächst die altstädtische Bürgerschule, und dann das Königl. Wilhelmsgymnasium zu Königsberg i. Pr. Infolge der Versetzung meines Vaters kam ich auf das Königl. Gymnasium zu Braunsberg (Ostpr.), wo ich die Schule bis Unterprima durchmachte. Nachdem mein Vater wieder nach Königsberg zurückversetzt war, vollendete ich meine Schulbildung auf dem Königl. Friedrichs-Kollegium, woselbst ich am 26. März 1903 die Reifeprüfung bestand.

Ostern 1903 wurde ich an der Königl. Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr. immatrikuliert, an der ich mich 10 Semester hindurch dem Studium der Medizin widmete.

Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Juli 1905. Meiner Militärpflicht habe ich nicht genügen brauchen. Die ärztliche Prüfung beendete ich am 25. Mai 1908 und begann am 1. Juni v. Js. das praktische Jahr in der hiesigen Universitäts-Poliklinik für Hautkrankheiten bei Herrn Prof. Dr. Scholtz.

Während meiner Studienzeit hörte ich die Vorlesungen und Kurse bei folgenden Herren Dozenten:

Beneke, Braatz, Braun, Bunge, R. Cohn, Ehrhardt, Ellinger, Falkenheim, Gerber, Gildemeister, Hammerschlag, Heine, Henke, Hermann, Hilbert, Jaffe, Joachim, Klinger, Krückmann, Kuhnt, Lexer, Lichtheim, Luerssen, Meyer, v. Negelein, Pape, Pfeiffer, Puppe, Rosinski, Samter, Schmidt, Scholtz, Schreiber, L. Stieda, A. Stieda, Streit, Weiß, Winter, Wrede, Zander, Zangemeister.

Allen diesen meinen sehr geschätzten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank aus.